



(21) Aktenzeichen: 196 06 028.1
(22) Anmeldetag: 19. 2. 96
(43) Offenlegungstag: 21. 8. 97

(71) Anmelder:
Briggs, David, Dr., 45731 Waltrop, DE
(74) Vertreter:
Heldt und Kollegen, 20354 Hamburg

(72) Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

(54) Verfahren zur Herstellung von Spiegeln und Reflektoren
(57) Bei einem Verfahren zur Herstellung von Spiegeln oder Reflektoren mit einer gewölbten Reflexionsoberfläche wird eine Oberfläche eines leicht verformbaren Mediums in eine Form gebracht, die der Form der vorgesehenen Reflexionsoberflächen oder eines Teils derselben entspricht. Anschließend wird entweder das verformbare Medium selbst oder ein auf das verformbare Medium aufgebrachtes Medium unter Aufrechterhaltung der Oberflächenform des verformbaren Mediums verfestigt. Das leicht verformbare Medium wird unter Ausnutzung physikalischer Gesetzmäßigkeiten in einen Gleichgewichtszustand gebracht, in dem seine Oberfläche der Form der vorgesehenen Reflexionsoberfläche oder eines Teils derselben entspricht. Das leicht verformbare Medium ist eine in einem Behälter enthaltene Flüssigkeit, deren Oberfläche durch Drehen des Behälters um eine vertikale Drehachse in die Form eines Rotationsparaboloids oder eines Teils desselben gebracht wird.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Spiegeln oder Reflektoren mit einer gewölbten Reflexionsoberfläche, und insbesondere ein Verfahren zur Herstellung von Hohlspiegeln, bei dem eine Oberfläche eines leicht verformbaren Mediums in eine Form gebracht wird, die der Form der vorgesehenen Reflexionsoberfläche oder eines Teils derselben entspricht.

Hohlspiegel mit sphärischen bzw. rotationsparabolischen Reflexionsoberflächen finden u. a. als Schminkspiegel bzw. als Reflektoren für Scheinwerfer oder für Satellitenantennen, Sonnenkollektoren in gewissen Solarenergieerzeugungsanlagen oder als Spiegelteleskope zur Himmelsbeobachtung Verwendung. Je nach Wellenlänge der reflektierten Strahlung kann die Reflexionsoberfläche wie bei Satellitenschüsseln nur lackiert oder wie bei den zur Fokussierung von sichtbarem Licht verwendeten Reflektoren hochglänzend verspiegelt sein.

Die als Schminkspiegel verwendeten sphärischen Spiegel werden im allgemeinen aus Glas hergestellt und weisen je nach Qualität eine geschliffene oder gepreßte und anschließend verspiegelte Reflexionsoberfläche auf. Reflektoren für Scheinwerfer bzw. Satellitenantennen werden gewöhnlich aus Metall gepreßt oder tiefgezogen und verspiegelt bzw. lackiert. Die Herstellungsverfahren für die zur Himmelsbeobachtung verwendeten Parabolspiegel sind demgegenüber erheblich aufwendiger, insbesondere dann, wenn die Spiegel einen großen Durchmesser aufweisen. Gewöhnlich wird dann zuerst ein Glasrohling gegossen, der zur Vermeidung von SpannungsrisSEN über Monate oder gar Jahre hinweg langsam abgekühlt und dann durch Einschleifen und ggf. Verspiegeln der Reflexionsoberfläche in seine endgültige Form gebracht wird.

Weiter ist auch bereits ein Spiegelteleskop bekannt, dessen Reflexionsoberfläche von flüssigem Quecksilber gebildet wird, das in einen flachen schalenförmigen Behälter eingefüllt und mit diesem in Drehung versetzt wird, wobei die Drehgeschwindigkeit äußerst konstant gehalten wird und so gewählt ist, daß sich eine dünne Quecksilberschicht mit einer Stärke von wenigen Millimetern auf dem Boden der Schale ausbildet, wobei die Quecksilberoberfläche infolge der Zentrifugalkraft die Form eines Rotationsparaboloids aufweist. Allerdings können mit derartigen Spiegelteleskopen nur Himmelsausschnitte beobachtet werden, die sich im Beobachtungszeitpunkt jeweils genau senkrecht über dem Spiegelteleskop befinden. Außerdem ist die für eine schwingungsfreie drehende Lagerung des Spiegels erforderliche Technik relativ aufwendig.

Ebenfalls bekannt sind Hohlspiegel, z. B. für Solarkocher oder dergleichen, welche zur Gewichtsverminderung eine verspiegelte flexible Membran umfassen, die über die Öffnung eines mit Unterdruck beaufschlagten Behälters gespannt ist, so daß sich eine konkave Reflexionsoberfläche ausbildet, die das einfallende Sonnenlicht auf einem ausreichend kleinen Fleck bündelt. Allerdings muß dort der Behälter dauernd mit einem gleichbleibenden Unterdruck beaufschlagt werden, um die Membran in der vorgesehenen Lage zu halten.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu entwickeln, mit dem sich Spiegel oder Reflektoren mit einer gewölbten Reflexionsoberfläche und insbesondere größere Hohlspiegel einfach und mit verhältnismäßig niedrigen Kosten herstellen lassen.

Diese Aufgabe wird erfahrungsgemäß dadurch gelöst, daß entweder das verformbare Medium selbst oder ein auf das verformbare Medium aufgebrachtes Medium unter Beibehaltung der erzeugten Oberfläche verfestigt wird. Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, in umgekehrter Weise wie bei herkömmlichen Fertigungsverfahren zuerst in Anlehnung an die beiden zuletzt aufgeführten bekannten Verfahren eine Oberfläche zu schaffen, deren Form genau der vorgesehenen Reflexionsoberfläche oder eines Teils derselben entspricht, und dann durch Verfestigung des verformbaren Mediums oder eines auf die Oberfläche aufgebrachten Mediums unter Aufrechterhaltung der geschaffenen Oberfläche einen an diese Oberfläche angrenzenden starren Spiegel- oder Reflektorkörper zu erzeugen, der sich nicht mehr verformt. Einer der Vorteile des erfahrungsgemäß Verfahrens besteht dabei darin, daß Schleif- und Polierarbeiten weitgehend entfallen können, wenn die bei der Verformung des Mediums geschaffene Oberfläche die an die Reflexionsoberfläche gestellten Voraussetzungen erfüllt und eine Aufrechterhaltung dieser Oberfläche während der Verfestigung des Mediums sichergestellt ist.

Das erstere wird gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens dadurch erreicht, daß man bei der Verformung des leicht verformbaren Mediums physikalische Gesetzmäßigkeiten ausnutzt, die zur Bildung gewölbter Oberflächen mit einer vorgegebenen, vorzugsweise parabolischen oder sphärischen Form führen, wie beispielsweise eines Rotationsparaboloids, das sich durch die Einwirkung von zentrifugalkräften in einer rotierenden Flüssigkeit ausbildet, oder eines Kugelsegments, das sich durch die Einwirkung unterschiedlich großer Drücke auf die beiden Seiten einer flexiblen Membran ausbildet. In einem ausreichend homogenen Medium mit niedriger Viskosität bzw. gleichförmiger Dicke bilden sich bei beiden Verfahren Oberflächen aus, die der gewünschten Reflexionsoberfläche sehr genau entsprechen, wobei es zudem in beiden Fällen relativ einfach möglich ist, die Brennweite des Spiegels oder Reflektors zu verändern oder genau auf einen gewünschten Wert einzustellen, im zuerst genannten Fall durch Veränderung der Rotationsgeschwindigkeit und im zuletzt genannten Fall durch Veränderung des Verhältnisses der Drücke auf beiden Seiten der Membran.

Während es zum Erzeugen eines formstabilen Spiegel- oder Reflektorkörpers im zuerst genannten Fall eines flüssigen Rotationsparaboloids einfacher ist, die rotierende Flüssigkeit selbst zu verfestigen, wird im zuletzt genannten Fall einer Kugelmembran vorzugsweise ein Medium verfestigt, das in Form einer Flüssigkeit auf die verformte Membran aufgetragen wird.

Da sich eine exakt parabolische Oberfläche eines Rotationsparaboloids um so besser ausbildet, je geringer die Viskosität der Flüssigkeit ist, sieht eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung vor, daß das leicht verformbare Medium aus einem dünnflüssigen Kunstharz besteht, das sich durch Zugabe geringer Mengen eines Härters oder vorzugsweise durch Bestrahlung mit UV-Strahlung verfestigen bzw. aushärten läßt, wobei aus der verfestigten Flüssigkeit und dem Behälter ein formstabiler Spiegel- oder Reflektorkörper entsteht.

Zur Aufrechterhaltung einer rotationsparabolischen Oberfläche einer Flüssigkeit während deren Verfestigung wird die Flüssigkeit gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung fortwährend in Drehung gehalten, d. h. es wird eine konstante Drehgeschwindigkeit beibehalten, bis das Medium ausgehärtet

oder verfestigt ist.

Soll die Reflexionsoberfläche verspiegelt werden, so kann dies entweder nach einer Verfestigung der Flüssigkeit erfolgen, beispielsweise durch Aufdampfen eines Metallfilms auf die konkav gewölbte Oberfläche des fertiggestellten Spiegel- oder Reflektorkörpers, oder aber bereits während der Herstellung des Spiegel- oder Reflektorkörpers, indem eine verspiegelte Membran verwendet wird. Diese Vorgehensweise ist auch bei der Herstellung des Spiegel- oder Reflektorkörpers aus einer rotierenden Flüssigkeit möglich, indem auf die Oberfläche der ruhenden Flüssigkeit eine die spätere Reflexionsoberfläche bildende flexible, d. h. elastisch dehnbare Membran in Form einer Metall- oder Kunststofffolie mit einer verspiegelten Oberseite angebracht und an ihrem Rand luftdicht mit dem Behälter verbunden wird, und indem der Behälter mit der Flüssigkeit dann in Drehung versetzt wird, bis sich die gewünschte Krümmung der Oberfläche einstellt. Während die Membran durch Adhäsionskräfte an der Flüssigkeitsoberfläche festgehalten wird, kann überschüssige Flüssigkeit aus dem Behälter abgeführt werden, um zu verhindern, daß die Flüssigkeit die Membran am Behälterrand nach oben drückt.

Eine weitere Möglichkeit, welche die Herstellung von Parabolspiegeln mit sehr großen Durchmessern erleichtert, besteht darin, daß der die Flüssigkeit enthaltende und in Drehung versetzte Behälter gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung in mehrere Einzelbehälter unterteilt ist, so daß bei der Verfestigung der Flüssigkeit einzelne Segmente eines Spiegel- oder Reflektorkörpers gebildet werden, die nach ihrer Verfestigung so zusammengesetzt werden können, daß entweder eine durchgehende parabolische Oberfläche oder eine abgestufte Oberfläche entsprechend einer Fresnel-Linse entsteht.

Dort, wo das leicht verformbare Medium von einer flexiblen Membran gebildet wird, deren entgegengesetzte Oberflächen mit unterschiedlichen Drücken beaufschlagt werden, um eine kugelsegmentförmige Oberfläche auszubilden, sieht eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung vor, daß die Membran luftdicht in einer kreisförmigen Öffnung eines Behälters angebracht und anschließend im Behälter ein Überdruck erzeugt wird, der die Membran sphärisch nach außen wölbt. Um die sphärische Form der Wölbung zu erhalten, wird danach zweckmäßig in dünnen Schichten eine aushärtende Flüssigkeit, vorzugsweise ein mit einem Härter versetztes Kunstharz auf die äußere Oberfläche der Membran aufgetragen, bis ein formstabiler Körper entsteht, der sich bei der Druckentlastung des Behälters nicht mehr verformt.

Die Membran ist vorzugsweise eine dünne luftundurchlässige Folie, die zweckmäßig aus einem hochglänzenden Metall, wie beispielsweise Aluminium oder einem mit einem hochglänzenden Metall beschichteten Kunststoffmaterial bestehen kann, so daß der entstehende Spiegel- oder Reflektorkörper bereits verspiegelt ist.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einiger in der Zeichnung in schematischer Weise dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine teilweise geschnittene Seitenansicht einer im Stillstand befindlichen Vorrichtung zur Herstellung von Parabolspiegeln durch Verfestigung eines Rotationsparaboloids unter fortwährender Drehung;

Fig. 2 eine Ansicht entsprechend Fig. 1, jedoch nach Erreichen einer konstanten Drehgeschwindigkeit;

Fig. 3 eine geschnittene Seitenansicht einer gegenüber der Vorrichtung aus Fig. 1 etwas abgewandelten Vorrichtung im Ruhezustand;

Fig. 4 eine Ansicht entsprechend Fig. 3, jedoch nach Erreichen einer konstanten Drehgeschwindigkeit;

Fig. 5 eine teilweise geschnittene Seitenansicht einer Vorrichtung zur Herstellung von Parabolspiegelsegmenten durch Verfestigung von Rotationsparaboloidsegmenten unter fortwährender Drehung;

Fig. 5a eine teilweise geschnittene Seitenansicht einer Drehachse mit zwei Segmenten;

Fig. 5b eine teilweise geschnittene Seitenansicht einer Drehachse mit drei Segmenten;

Fig. 6 eine Draufsicht auf die Vorrichtung aus Fig. 5;

Fig. 6a eine Draufsicht auf zwei Segmente der Fig. 5a mit angedeuteten überlappenden drei Segmenten der Fig. 5b;

Fig. 6b eine Draufsicht auf drei Segmente der Fig. 5b mit überlappenden zwei Segmenten der Fig. 5a ange deutet;

Fig. 7 eine perspektivische Ansicht einer Vorrichtung zur Herstellung von sphärischen Hohlspiegeln durch Verfestigung einer Flüssigkeit, die auf eine durch Überdruck verformte flexible Membran aufgebracht wird;

Fig. 8 einen Längsschnitt durch die Vorrichtung aus Fig. 7.

Mit den in der Zeichnung dargestellten Vorrichtungen läßt sich ein Verfahren zur Herstellung von Spiegeln oder Reflektoren mit einer gewölbten Reflexionsoberfläche 2 durchführen, bei dem zuerst eine Oberfläche eines leicht verformbaren Mediums 4, 6 in eine Form gebracht wird, die der Form der vorgesehenen Reflexionsoberfläche 2 oder eines Teils derselben entspricht und bei dem anschließend entweder das verformbare Medium 4 selbst oder ein auf das verformbare Medium 6 aufgebrachtes Medium 8 unter Beibehaltung der erzeugten Oberfläche verfestigt wird.

Bei der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Vorrichtung besteht das leicht verformbare Medium 4 aus einem relativ niedrigviskosen Kunstharz, das sich durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht oder durch Zusatz eines Härters verfestigen oder aushärten läßt. Das flüssige Kunstharz wird in einen Behälter 10 gefüllt, der auf einem schwingungsfrei gelagerten runden Drehtisch 12 angeordnet ist, welcher sich mit Hilfe eines Drehantriebs 14 aus einem Antriebsmotor 16 und einem Riementrieb 18 um eine vertikale Drehachse 20 drehen läßt.

Der einstückig ausgebildete Behälter 10 besteht im wesentlichen aus einer zur Drehachse 20 koaxialen, nach oben offenen flachen Schale 22 mit einem in der Draufsicht kreisförmigen Querschnitt, deren Boden 24 auf seiner Oberseite flach oder konkav gewölbt und von einem umlaufenden vertikalen Rand 26 begrenzt ist. Für den Fall, daß der Boden 24 konkav ist, ist dessen Wölbung parabelförmig, wobei die Krümmung im wesentlichen der Krümmung einer vorgesehenen Reflexionsoberfläche 2 des Spiegels oder Reflektors entspricht, der mit Hilfe der Vorrichtung gefertigt werden soll.

Dazu wird als erstes eine Menge des Kunstharzes 4 in die Schale 22 gegeben, die so bemessen ist, daß sie in der Ruhelage den mittleren tiefsten Teil des Behälterbodens 24 bedeckt (Fig. 1). Anschließend wird der Drehantrieb 14 in Gang gesetzt und die Drehgeschwindigkeit des Drehtisches 12 und damit des Behälters 10 mit Hilfe einer Thyristorsteuerung oder dergleichen langsam stufenlos vergrößert, wobei sich das Kunstharz 4 infolge der darauf einwirkenden Zentrifugalkräfte in radialer Richtung über den Behälterboden 24 ausbreitet, bis es bei einer

zuvor berechneten konstanten Endgeschwindigkeit den Behälterboden 24 nahezu gleichmäßig in Form einer wenige Millimeter bis wenige Zentimeter dicken Schicht bedeckt, deren Oberfläche 28 in dem Gleichgewichtszustand, der sich bei konstanter Geschwindigkeit einstellt, ein Rotationsparaboloid bildet (Fig. 2). In diesem Zustand befindet sich das flüssige Kunstharz 4 gegenüber dem rotierenden Behälter 10 in Ruhe, d. h. in der Flüssigkeit oder an der Grenzfläche zwischen dem Behälter 10 und der Flüssigkeit treten keine Scherspannungen und damit keine Strömungen auf. Anschließend wird das Kunstharz 4 unter Aufrechterhaltung der konstanten Drehgeschwindigkeit des Drehtischs 12 aus einer oberhalb desselben angeordneten UV-Quelle (nicht dargestellt) gleichmäßig mit ultraviolettem Licht bestrahlt, so daß es sich verfestigt und danach langsam aushärtet, wobei es sich an seiner Unterseite und an seinem äußeren Rand mit der Oberfläche des Behälterbodens 24 bzw. mit dem umlaufenden Behälterrand 26 verbindet, so daß der erzeugte Spiegel- oder Reflektorkörper aus dem als Tragstruktur dienenden Behälter 10 und dem verfestigten Kunstharz 4 gebildet wird, dessen konkave Oberfläche 28 ggf. nach einer zusätzlichen Politur und/oder Verspiegelung als Reflexionsoberfläche 2 dient.

Um seine Aufgabe als Tragstruktur zu erfüllen, die beim Kippen des Spiegel- oder Reflektorkörpers das Auftreten von Spannungen verhindert, welche zu einer Verformung der Reflexionsoberfläche 2 und damit zu einer Unschärfe des Spiegels oder Reflektors führen, und um gleichzeitig das Gewicht des fertigen Spiegel- oder Reflektorkörpers zu verringern, kann der Behälterboden 24 auf seiner Unterseite beispielsweise wabenförmige Ausnehmungen aufweisen (nicht dargestellt). Das Kunstharz kann außerdem mit eingegossenen Glasfasern oder mit einem Metallskelett verstärkt werden.

Im Unterschied zu der oben beschriebenen Vorrichtung ist der Behälter bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel nach oben zu durch eine flexible, d. h. dehnbare elastische Membran 30 verschlossen, die aus einer dünnen luftundurchlässigen Metall- oder Kunststofffolie besteht, deren die spätere Reflexionsoberfläche 2 bildende Oberseite 32 bereits hochglänzend poliert oder verspiegelt ist. Der Zwischenraum zwischen dem ebenen Behälterboden 24 und der Membran 30 wird im Ruhezustand vollständig mit einem das leicht verformbare Medium 4 bildenden dünnflüssigen Kunstharz gefüllt, welches sich durch Zusatz eines Härterz verfestigen läßt. In der Umfangswand 34 des Behälters sind in regelmäßigen Winkelabständen Auslaßöffnungen 36 in Form von Rohrstützen 38 angeordnet, deren nach oben offenes Ende auf demselben Niveau angeordnet ist, auf dem die Membran 30 an der Behälterwand 34 befestigt ist. Bei Inbetriebnahme des Drehantriebs (nicht dargestellt) unter langsamer Vergrößerung der Drehgeschwindigkeit nimmt auch hier die Oberfläche des flüssigen Kunstharzes 4 mit Härterz zusatz die Form eines Rotationsparaboloids ein. Durch die Einwölbung der Oberfläche wird dabei ein Teil des Kunstharzes 4 durch die Auslaßöffnungen 36 verdrängt. Infolge von Adhäsionskräften folgt die elastische Membran 30 der Oberfläche der Flüssigkeit und verformt sich so, daß ihre Oberseite 32 ebenfalls eine Reflexionsoberfläche 2 in Form eines Rotationsparaboloids bildet. Nach Erreichen eines Gleichgewichtszustandes wird der Drehtisch 12 und der Behälter 10 solange mit konstanter Geschwindigkeit weitergedreht, bis die Flüssigkeit vollständig verfestigt und ausgehärtet ist.

Die in den Fig. 5 und 6 dargestellte Vorrichtung verwendet an Stelle eines runden Drehtischs 12 einen dreihend angetriebenen Balken 42, auf dem auf beiden Seiten der Drehachse 20 mehrere Behälter 44, 46, 48 angeordnet sind, die in der Draufsicht jeweils die Form eines Teils des ganzen Spiegels aufweisen (Fig. 6). Als Teile kommen in Betracht Kreissektoren oder Kreisringsektoren. Wegen ihrer guten gegenseitigen Kombinierbarkeit kommen jedoch auch andere Elemente in Betracht, beispielsweise regelmäßige Sechsecke. Analog zu den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen befindet sich in den Behältern 44, 46, 48 wieder ein Kunstharz, das sich durch UV-Bestrahlung bzw. Härterz zusatz verfestigen läßt, wenn die Oberflächen in den einzelnen Behältern 44, 46, 48 die Form eines Ausschnitts eines Rotationsparaboloids eingenommen haben. Dabei spielt die Füllmenge in den einzelnen Behältern 44, 46, 48 eine untergeordnete Rolle, da die gebildeten Spiegel- oder Reflektorkörpersegmente beim Zusammensetzen nach einer Verfestigung parallel zur Drehachse 20 verschoben werden können, bis ihre Oberflächen nach Abtrennen der überstehenden Ränder 49 ein durchgehendes Rotationsparaboloid bilden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die in den Behältern 44, 46, 48 entstehenden Sektoren 80, 82, 84 jeweils so weit angehoben werden müssen gegenüber dem Balken 42, daß ihre jeweiligen Oberflächen 86, 88, 90 nahtlos ineinander übergehen.

Um diesen Übergang zu ermöglichen, müssen die Ränder 49 und die sich unmittelbar daran anschließenden Teile der Sektoren 80, 82, 84 abgetrennt werden, da diese den Rändern 49 unmittelbar benachbarten Teile verzerrt sind. Diese Verzerrungen treten auf aufgrund der Adhäsionskräfte, die zwischen den Rändern 49 und dem Kunstharz wirken, solange dieser noch nicht verfestigt ist.

Aus diesem Grunde bietet sich ein Fertigungsverfahren an, dessen einzelne Schritte in den Fig. 5a, 5b, 6a, 6b zu erkennen sind. Danach werden zunächst zwei Segmente 70, 72 und sodann drei Segmente 74, 76, 78 hergestellt. Dabei wird zwischen den Segmenten 70, 72 ein Abstand eingehalten, der durch das Segment 76 ausgefüllt werden kann, während zwischen den Segmenten 74, 76, 78 jeweils Abstände eingehalten werden, die durch die Segmente 70, 72 ausgefüllt werden können. Dabei ist insbesondere anhand der Fig. 6a und 6b zu erkennen, daß sich die einzelnen Segmente 74, 70, 76, 72, 78 jeweils an ihren einander benachbarten Teilen überlappen. Die sich jeweils überlappenden Teile 92, 94, 96, 98 werden jeweils zu einem entsprechenden Teil bis zu Rändern 100 von den einander benachbarten Segmenten 74, 70, 76, 72, 78 abgetrennt, bis Herzstücke 99 der Segmente 74, 70, 76, 72, 78 nahtlos ineinander übergehen. Im Regelfall werden von den einander überlappenden Teilen 92, 94, 96, 98 jeweils über den Rand 100 übertragenden Teile abgeschnitten. Auf diese Weise lassen sich zwei Segmente 70, 72 zwischen drei weitere Segmente 74, 76, 78 einfügen, nachdem ihre überstehenden Ränder 49 beseitigt worden sind. Alternativ können die Segmente auch nach Art einer Fresnel-Linse mit versetzten Oberflächen angeordnet werden. Dabei werden die Herzstücke 99 so angeordnet, daß sie parallel zur Achse 20 gegeneinander stufig versetzt sind. Die Reflektorkomponenten können nicht alle zeitgleich, sondern müssen nacheinander und teilweise mehrfach hergestellt werden.

Durch den Aufbau des Hohlspiegels aus mehreren Segmenten kann einerseits das Gewicht der rotierenden

Flüssigkeit verringert und dadurch leichter eine schwingungsfreie Lagerung der Behälter 44, 46, 48 ermöglicht und andererseits die Materialkosten verringert werden.

Demgegenüber besteht das leicht verformbare Medium 6 bei dem in den Fig. 7 und 8 dargestellten Ausführungsbeispiel aus einer elastischen, dehnbaren Membran 50, die über eine stirnseitige Öffnung 52 eines auf der anderen Seite verschlossenen zylindrischen Behälters 54 gespannt ist, so daß sie im Ruhezustand senkrecht zur Behälterlängsachse 56 ist. Die Membran 50 kann beispielsweise aus einer dünnen Metall- oder Kunststofffolie bestehen und auf ihrer dem Behälterinneren zugewandten, die sphärische Reflexionsoberfläche 2 des fertigen Hohlspiegels bildenden Innenfläche 57 poliert oder verspiegelt sein, beispielsweise durch Aufdampfen eines dünnen Metallfilms.

Der Behälter 54 weist außerdem einen Anschlußstutzen 58 auf, welcher sich über eine nicht dargestellte Leitung mit einem Absperrventil und einem Druckkreisventil mit einer Druckluftquelle verbinden läßt.

Nachdem die Membran 50 luftdicht auf dem offenen Ende des Behälters 54 befestigt worden ist, wird der Behälter 54 über die Leitung und den Anschlußstutzen 58 mit Druckluft beaufschlagt, wobei der Druck am Druckregelventil in Abhängigkeit von der Stärke und Elastizität der Membran 50 so eingestellt wird, daß sich ein gewünschter Krümmungsradius ergibt. Unter Aufrechterhaltung des Drucks wird anschließend ein mit einem Härter vermischt Kunsthars 60 als Medium 6 auf die Außenfläche der Membran 50 aufgetragen, wobei der Auftrag schichtweise erfolgt, um die Membran 50 nicht zu verformen, solange sie noch keine ausreichende Steifigkeit aufweist. Der Auftrag des mit dem Härter versetzten oder durch UV-Bestrahlung aushärtbaren Kunsthars 60 kann entweder auf die konkave 35 oder auf die konvexe Seite der Membran 50 erfolgen, oder auch auf beide Seiten der Membrane. Dabei muß das Kunsthars 60 sehr sorgfältig mit dem Härter vermischt werden, um einerseits das gleichmäßige Aushärten zu begünstigen und andererseits das Entstehen von 40 Blasen zu verhindern. Nachdem eine ausreichend starke Kunstharschicht 60 aufgetragen wurde und ausgehärtet ist, wird anschließend ein Verstärkungskörper 62 auf die Außenseite der ausgehärteten Kunstharschicht 60 aufgelegt, dessen Profil im wesentlichen komplementär 45 zum Profil der Oberfläche der Kunstharschicht 60 ist. Durch Tränken des gegen diese Oberfläche anliegenden unteren Teils des Verstärkungskörpers 62 mit einer Mischung aus Kunsthars und Härter wird zuletzt der Verstärkungskörper 62 mit dem auf die Membran 50 aufgebrachten Kunsthars 60 verbunden. Um ein Abtropfen oder Herabfließen des Kunsthars 60 am Behälter 54 zu verhindern, und um den Verstärkungskörper 62 auf der Kunstharsoberfläche auszurichten und zu zentrieren kann weiter eine über das offene Ende des Behälters 54 überstehende Manschette 64 um den Behälter 54 herumgelegt werden.

Prinzipiell kann die Membran 30, 50 nach Fertigstellung des Spiegel- oder Reflektorkörpers auch entfernt werden, beispielsweise mit Hilfe von Lösungsmitteln oder Säuren, welche den Kunstharskörper nicht angreifen. In diesem Fall wird die Reflexionsoberfläche 2 von der Innenfläche des Kunstharskörpers gebildet, die ggf. anschließend verspiegelt wird.

Durch Anlegen eines Unterdrucks am Behälter 54 65 lassen sich mit demselben Verfahren konkav gewölbte sphärische Spiegel oder Reflektoren herstellen.

Mit diesem Verfahren lassen sich ebenfalls größere

Reflektoren aus z. B. sechseckigen Einzelsegmenten herstellen, und zwar hierbei um so leichter, als bei sphärischen Körpern die Krümmung überall gleich ist. Darüber hinaus lassen sich mit dem erfundsgemäßen Verfahren viele identische Teleskope herstellen. Diese können als Teile eines großen Teleskops aufgefaßt werden und beispielsweise elektronisch aneinander gekoppelt werden. Dabei bieten sich statt konventioneller optischer Sekundärspiegel und Okulare elektronische Kopplungsvorrichtungen an, wie beispielsweise CCD. Detailteleskope können elektronisch miteinander kooperieren, beispielsweise per Datenfernübertragung. Durch eine Verbindung der Teilbilder entsteht ein "virtuelles" Teleskop, dessen Größe im wesentlichen von der Anzahl der Einzelteleskope und der Verbindbarkeit der von diesen erzeugten Bildern abhängt. Auf diese Weise entsteht ein Teleskop von fast beliebigem Durchmesser.

20

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Spiegeln oder Reflektoren mit einer gewölbten Reflexionsoberfläche, bei dem eine Oberfläche eines leicht verformbaren Mediums in eine Form gebracht wird, die der Form der vorgesehenen Reflexionsoberfläche oder eines Teils derselben entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß anschließend entweder das verformbare Medium (4) selbst oder ein auf das verformbare Medium (6) aufgebrachtes Medium (8) unter Aufrechterhaltung der Oberflächenform des verformbaren Mediums (4, 6) verfestigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das leicht verformbare Medium (4, 6) unter Ausnutzung physikalischer Gesetzmäßigkeiten in einen Gleichgewichtszustand gebracht wird, in dem seine Oberfläche der Form der vorgesehenen Reflexionsoberfläche (2) oder eines Teils derselben entspricht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das leicht verformbare Medium (4) eine in einem Behälter (10) enthaltene Flüssigkeit ist, deren Oberfläche (28) durch Drehen des Behälters (10) um eine vertikale Drehachse (20) in die Form eines Rotationsparaboloids oder eines Teils desselben gebracht wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit aus geschmolzenem Glas besteht und unter fort dauernder Drehung des Behälters (10) abgekühlt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit aus einem geschmolzenen thermoplastischen Kunststoff besteht und unter fort dauernder Drehung des Behälters (10) abgekühlt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit aus einem Kunsthars besteht, das unter fort dauernder Drehung des Behälters (10) durch Zusatz eines Härters oder durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht verfestigt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Boden (24) des Behälters (10) auf seiner der Flüssigkeit zugewandten Oberseite konkav gewölbt ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (10) in mehrere Einzelbehälter (44, 46, 48) unterteilt ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelbehälter (44, 46, 48) einen beliebigen Querschnitt aufweisen.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der Einzelbehälter (44, 46, 48) einen zur Kombination mit mindestens einem benachbarten Einzelbehälter (44, 46, 48) gut geeigneten Querschnitt aufweist. 5
11. Verfahren nach einem der Sprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelbehälter (44, 46, 48) jeweils Querschnitte in Form von Sechsecken aufweisen. 10
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Einzelbehälter (44, 46, 48) jeweils Querschnitte in Form von Kreissektoren oder Kreisringsektoren aufweisen. 15
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß in den Einzelbehältern (44, 46, 48) Segmente (70, 72, 74, 76, 78) ausgebildet sind, die einander sich überlappende Teile 20 (92, 94, 96, 98) aufweisen.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die sich einander überlappenden Teile (92, 94, 96, 98) mindestens teilweise beseitigt und auf die Weise von den Segmenten (70, 72, 74, 76, 78) 25 miteinander kombinierbare Herzstücke (99) gebildet werden, die im Bereich ihrer Ränder (100) zusammenpassen.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Herzstücke (99) zu einer ununterbrochenen Fläche zusammengefügt werden. 30
16. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Herzstücke (99) parallel zur Achse (20) gegeneinander stufig versetzt sind, nach Art einer Fresnel-Linse. 35
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (10) nach oben durch eine die vorgesehene Reflexionsoberfläche (2) bildende flexible Membran (30) verschlossen und vollständig mit der Flüssigkeit gefüllt 40 wird.
18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Flüssigkeit aus dem Behälter (10) verdrängt wird, wenn dieser in Drehung versetzt wird. 45
19. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das leicht verformbare Medium (6) eine Membran (50) ist, die luftdicht in einer Öffnung (52) eines Behälters (54) angebracht wird, und deren Oberfläche anschließend durch Beaufschlagung des Behälters (54) mit einem Unterdruck oder einem Überdruck in eine sphärische Form gebracht wird. 50
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß auf eine der Oberflächen der Membran (50) eine Flüssigkeit aufgebracht und verfestigt wird. 55
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit auf die konkave Seite der Membran (50) aufgebracht wird. 60
22. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit sowohl auf die konvexe als auch auf die konkave Seite der Membran (50) aufgebracht wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit schichtweise aufgebracht und verfestigt wird. 65
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 23,

dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit aus einem Kunstharz besteht, das durch Zusatz eines Härters oder durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht aushärtet.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (30, 50) vor dem Anbringen verspiegelt wird.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß das verformbare Medium (4, 6) nach seiner Verformung durch Aufbringung einer geeigneten Beschichtung verspiegelt wird.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (50) nach der Verfestigung der Flüssigkeit entfernt und die nach Entfernung der Membran (50) gebildete Oberfläche der verfestigten Flüssigkeit verspiegelt wird.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

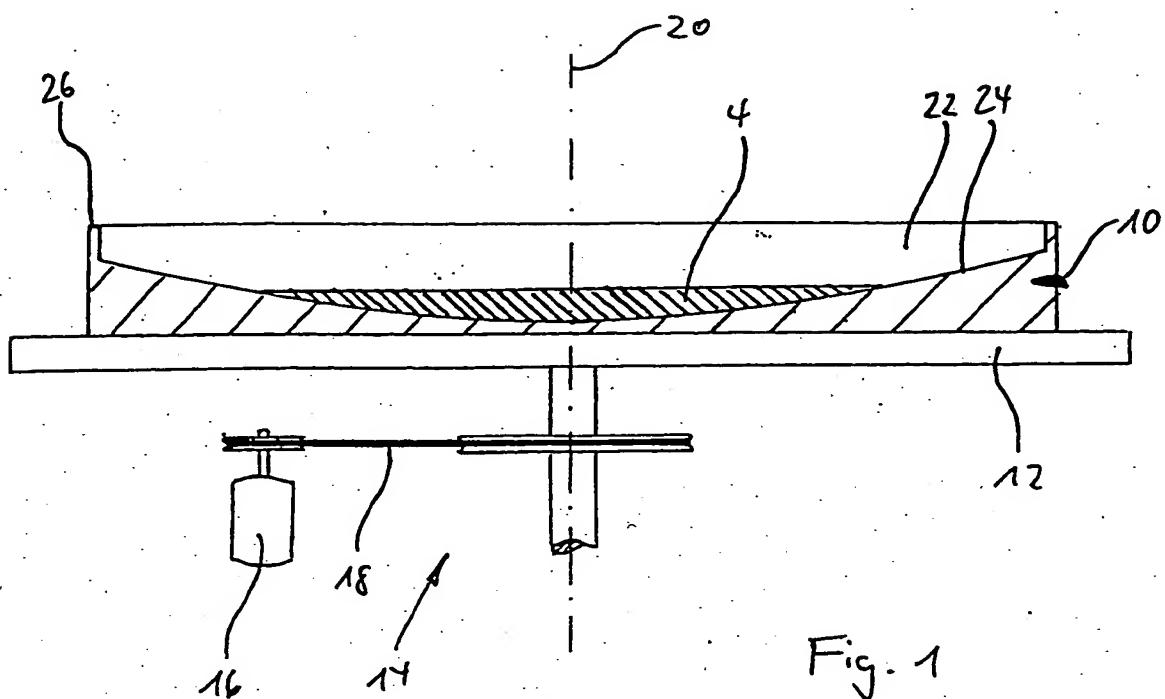


Fig. 1

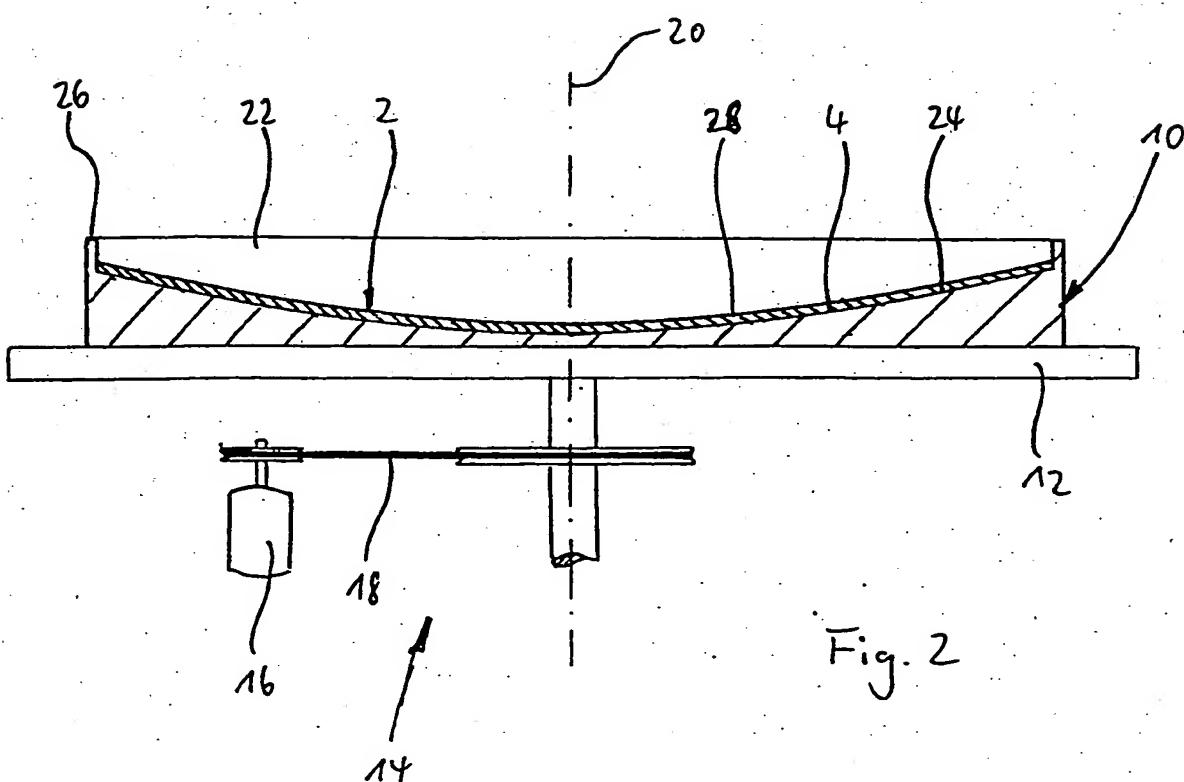


Fig. 2

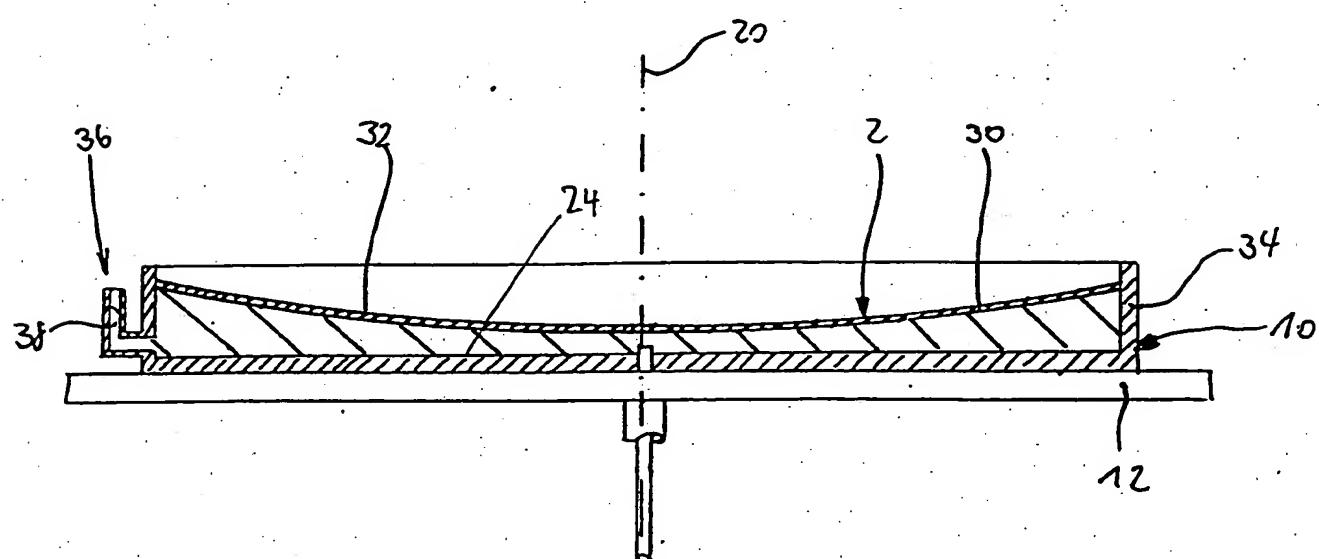
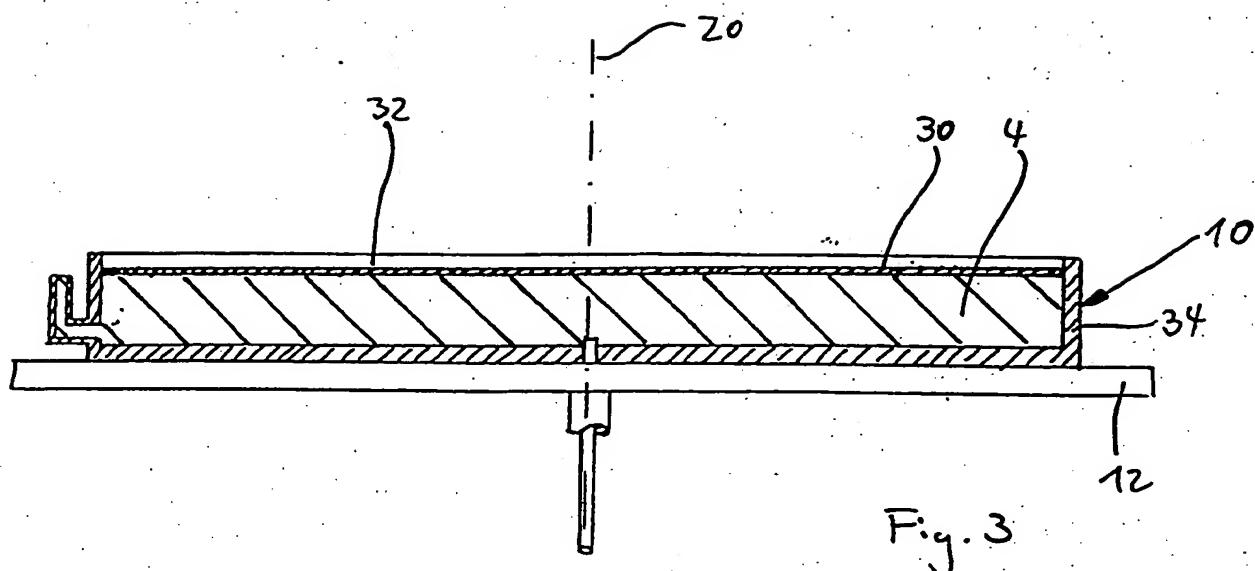


Fig. 4

Fig. 5

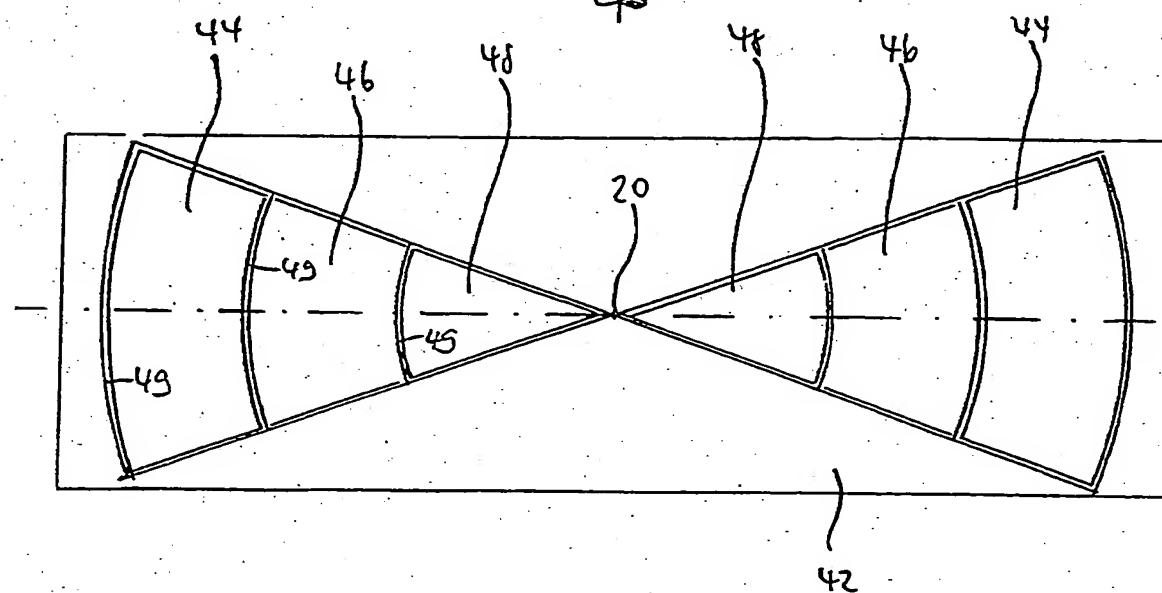
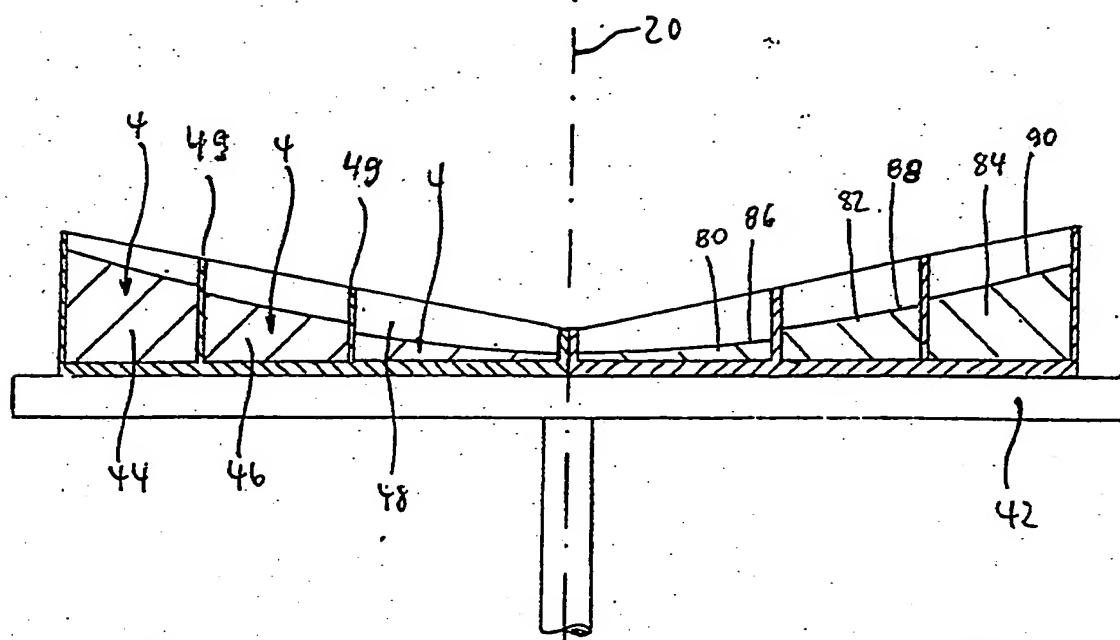


Fig. 6

Fig. 7

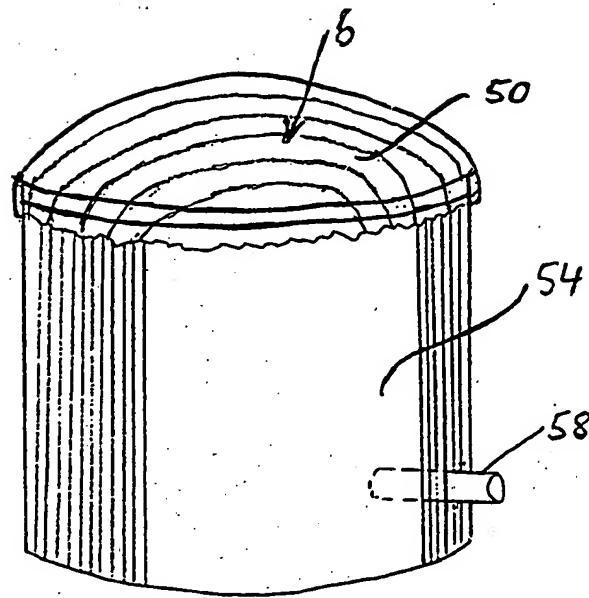


Fig. 8

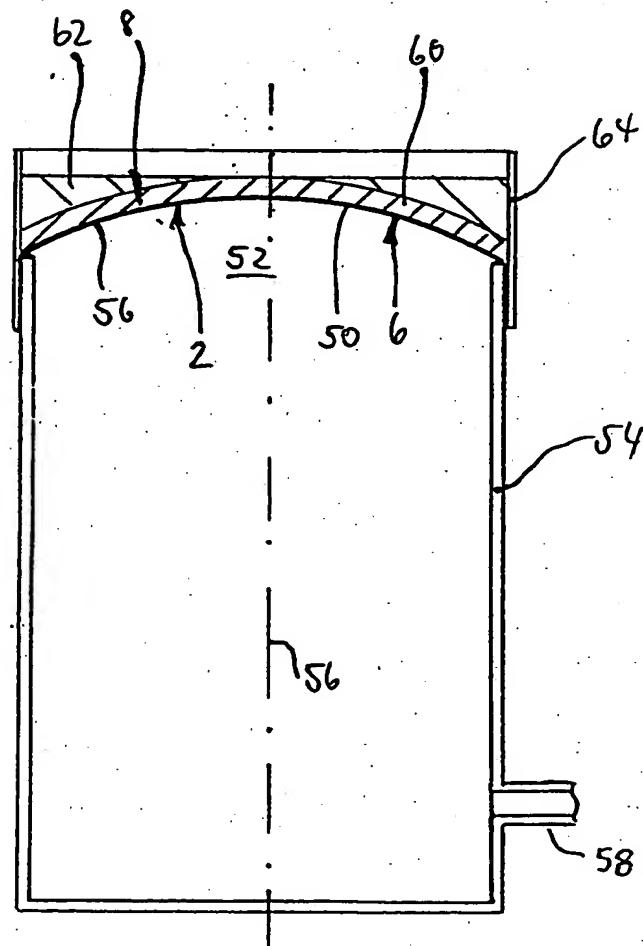


Fig. 5a

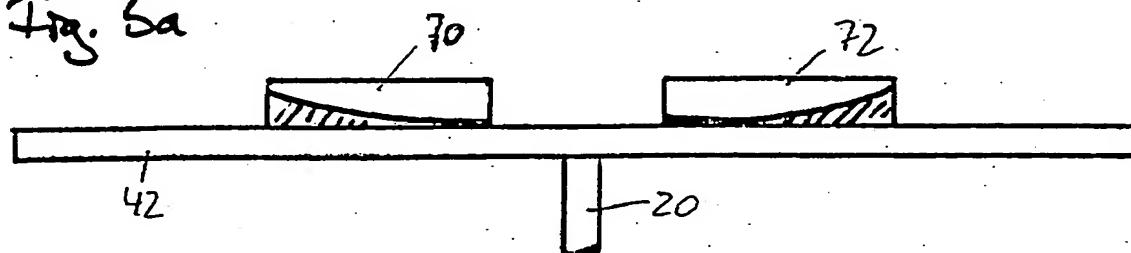


Fig. 5b

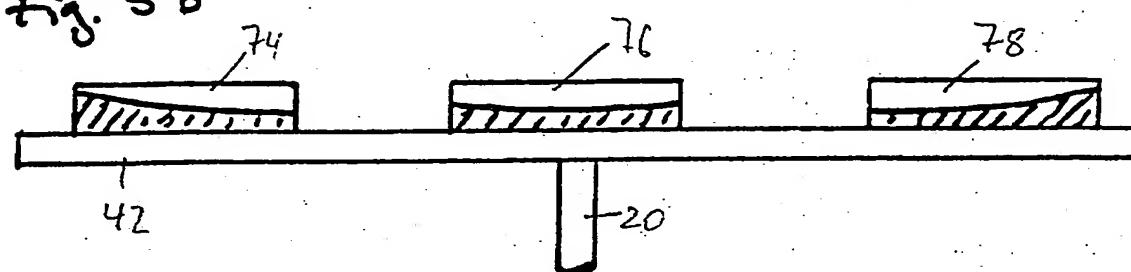


Fig. 6a

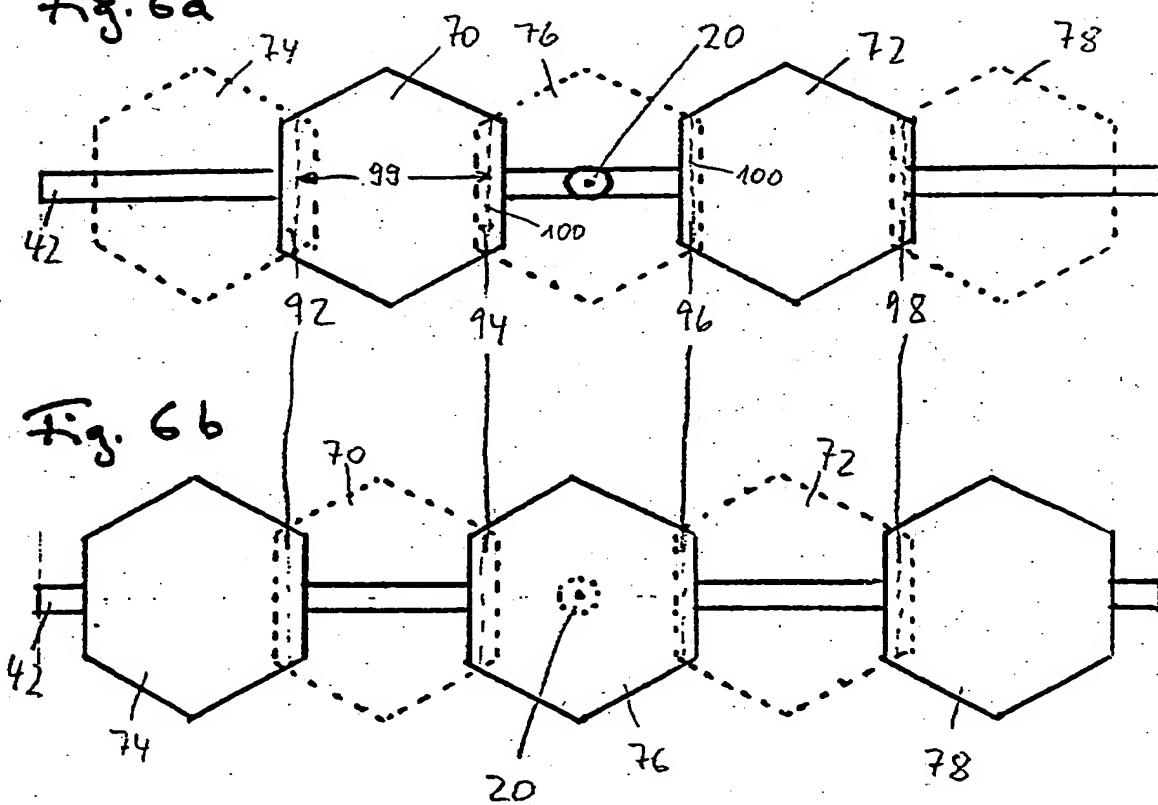


Fig. 6b

